



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 198 44 921 A 1

21 Aktenzeichen: 198 44 921.6  
22 Anmeldetag: 30. 9. 1998  
43 Offenlegungstag: 13. 4. 2000

51 Int. Cl. 7:  
F 21 S 8/00  
H 01 J 61/30  
F 21 V 8/00  
H 01 J 65/04

DE 198 44 921 A 1

71 Anmelder:  
Patent-Treuhand-Gesellschaft für elektrische  
Glühlampen mbH, 81543 München, DE

72 Erfinder:  
Vollkommer, Frank, Dr., 82131 Gauting, DE;  
Hitzschke, Lothar, Dr., 81737 München, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE	40 37 076 C1
DE	37 23 435 C2
DE-PS	9 09 683
DE	39 41 653 A1
DE	32 25 241
US	50 55 978
US	35 04 819
US	34 57 447
US	31 15 309
EP	08 67 915 A2
EP	08 36 220 A1
EP	05 84 546 A1
EP	03 85 205 A1

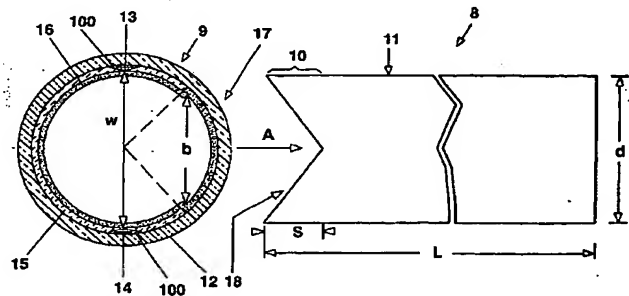
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Flache Beleuchtungsanordnung

57 Die Erfindung betrifft eine flache Beleuchtungsanordnung (8) mit einer Apertur-Leuchtstofflampe (9), einem optischen System (10) und einer Lichtleiterplatte (11). Das optische System (10) beeinflusst die Lichtverteilung des in die Lichtleiterplatte einzukoppelnden Lichts gezielt, derart, daß, in der Querschnittsebene des röhrenförmigen Entladungsgefäßes der Lampe betrachtet, die Lichtverteilung mindestens ein Maximum im Winkelabstand  $\beta$ , gemessen zur optischen Achse (A), aufweist, wobei der Winkelabstand  $\beta$  folgende Beziehung erfüllt:

$$|\beta| \geq \arctan\left(\frac{d}{L}\right),$$

wobei L die Längsausdehnung der Lichtleiterplatte (d. h. die Ausdehnung in Richtung der optischen Achse A) und d deren Dicke ist. Auf diese Weise wird eine hohe Leuchtdichte auf der Frontseite der Lichtleiterplatte erzielt.



DE 198 44 921 A 1

Die Erfindung betrifft eine flache Beleuchtungsvorrichtung mit einer Entladungslampe mit Apertur, einem optischen System und einer Lichtleiterplatte.

Entladungslampe, optisches System und Lichtleiterplatte sind dabei so aufeinander geometrisch abgestimmt und zueinander angeordnet, daß das Licht der Lampe durch mindestens eine Schmalseite ("Kante", "Edge") der Lichtleiterplatte hindurch in diese eingekoppelt werden kann (sogenannte "Edge-Light Technik"). Mittels Reflexion an einer auf der Unterseite der Lichtleiterplatte aufgetragenen diffusen Reflexionsschicht tritt dieses Licht über die gesamte Frontseite der Lichtleiterplatte hindurch nach außen und wirkt so als flache, entsprechend den Abmessungen der Lichtleiterplatte ausgedehnte Lichtquelle.

Des weiteren handelt es sich bei den verwendeten Entladungslampen insbesondere um Leuchtstofflampen mit rohrförmigem, beidseitig verschlossenem Entladungsgefäß, dessen Wandung zumindest teilweise mit einem Leuchtstoff beschichtet ist. Außerdem sind diese Lampen zur Erhöhung der Leuchtdichte entlang ihrer Längsachse auf der Innen- oder Außenseite des Lampengefäßes mit einem Reflektor für sichtbares Licht versehen, der entlang der Längsachse über einen definierten Bereich ausgespart ist. Auf diese Weise ist eine Apertur geschaffen, durch die hindurch das Licht der Lampe nach außen gelangt (Aperturlampe). Das Lampengefäß kann stabförmig, aber auch abgewinkelt, beispielsweise L- oder U-förmig, sein. Im letztgenannten Fall wird das Licht der Lampe über zwei bzw. drei der Kanten der Lichtleiterplatte in diese eingekoppelt.

Derartige Beleuchtungsvorrichtung dienen beispielsweise zur Hinterleuchtung von Anzeigen, insbesondere von Flüssigkristallanzeigen (LCD = Liquid Crystal Display) aber auch großflächigen Werbetafeln. Flüssigkristallanzeigen finden vielfältige Verwendungen, beispielsweise in Leitwarten, Cockpits von Flugzeugen und zunehmend auch Kfz, in der Unterhaltungselektronik und als Bildschirme für Personalcomputer (PC).

#### Stand der Technik

Die US 5,055,978 offenbart eine flache Beleuchtungsvorrichtung mit einer stabförmigen Apertur-Leuchtstofflampe. Zwischen Lampe und Lichtleiterplatte ist ein trapezförmiger Plexiglaskeil angeordnet, der die Verluste bei der Einkoppelung des Lampenlichts in die Lichtleiterplatte verringern soll. Die Breite der Apertur ist hierbei soweit unterhalb der Dicke der Lichtleiterplatte gewählt, daß das Licht mit Hilfe der Totalreflexion innerhalb des Plexiglaskeils von der Lampe zur Lichtleiterplatte geführt werden kann.

#### Darstellung der Erfindung

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte flache Beleuchtungsvorrichtung bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Besonders vorteilhafte Ausgestaltungen finden sich in den abhängigen Ansprüchen.

Zum besseren Verständnis der nachfolgenden Erläuterungen ist es hilfreich, eine optische Achse zu definieren. Diese ist – in einer Querschnittsdarstellung der Beleuchtungsvorrichtung betrachtet – senkrecht zur Längsachse der Lampe orientiert und verläuft parallel zur Frontseite der Lichtleiterplatte. Das von der Lampe kommende Licht wird also im wesentlichen in Richtung der optischen Achse in die Licht-

leiterplatte eingekoppelt und anschließend als Nutzlicht durch die Frontseite hindurch aus der Lichtleiterplatte ausgekoppelt.

Ausgangspunkt der nachfolgenden Überlegungen ist die Erkenntnis, daß für einen möglichst großen Teil der in die Lichtleiterplatte eingekoppelten Strahlung das Erfordernis der Totalreflexion innerhalb der Lichtleiterplatte erfüllt sein muß. Denn nur dieser Teil sowie derjenige Teil der nach dem Eintritt in die Lichtleiterplatte ohnehin unmittelbar auf deren Unterseite trifft kann am auf der Unterseite der Lichtleiterplatte angeordneten diffusen Reflektor und durch die Frontseite hindurch reflektiert und nutzbringend weitergeleitet werden. Der Rest geht für die eigentliche Anwendung verloren.

Untersuchungen haben nun gezeigt, daß die Abstrahlcharakteristik von Aperturlampen ohne zusätzliche Maßnahmen sehr große Ähnlichkeit mit einer Lambertverteilung aufweist, d. h. die winkelabhängige Intensitätsverteilung einer kleinen Teilfläche aus der Leuchtfläche der Apertur folgt der Beziehung  $I(\alpha) = I_0 \cdot \cos \alpha$ , wobei  $\alpha$  den Winkel zwischen der Flächennormalen und dem betreffenden Lichtstrahl mit der Intensität  $I(\alpha)$  und  $I_0$  die maximale Intensität in Richtung der Flächennormalen der Teilfläche ( $\alpha = 0$ ) bezeichnet. Mit anderen Worten strahlen Aperturlampen den Hauptteil ihres Lichtstroms in Vorwärtsrichtung ab.

Dies führt unerwünschterweise vor allem bei Verwendung von Lampen deren Durchmesser und Aperturbreite vergleichbar mit der Dicke der Lichtleiterplatte ist dazu, daß ein signifikanter Anteil der Strahlung keine Totalreflexion innerhalb der Lichtleiterplatte erfährt, sondern im wesentlichen auf die der Lichteintrittsfläche gegenüberliegende schmale Fläche der Lichtleiterplatte trifft und irgendwann verloren geht. Die Krümmung der Oberfläche des Entladungsröhres spielt hier nur eine untergeordnete Rolle, d. h. die Flächennormalen aller Oberflächenelemente der Apertur sind näherungsweise parallel zueinander und zur optischen Achse orientiert.

Auf der anderen Seite ist man bestrebt, die Breite  $d$  der Apertur möglichst groß zu wählen, da die Lichtausbeute und der Lichtstrom mit kleiner werdendem Verhältnis  $b/D$  zwischen Aperturbreite  $b$  und Lampendurchmesser  $D$  deutlich sinkt.

Der erwähnte Lichtverlust kann deutlich reduzieren werden, wenn man die Verteilung des Lichtes, welches in die Lichtleiterplatte eingekoppelt wird, gezielt verändert. Erfindungsgemäß wird dazu der Anteil der Strahlung, der ansonsten direkt durch die Lichtleiterplatte hindurch und für die Nutzstrahlung verloren geht, auf den Anteil, der innerhalb der Lichtleiterplatte totalreflektiert wird, umverteilt.

Dieses Vorgehen ermöglicht es zudem bei der Edge-Light-Technik erstmals, von dem mit dem Lampendurchmesser  $D$  zunehmenden Lichtstrom von Lampen mit auf der Wandung des Entladungsröhres parallel zur Rohrlängsachse angeordneten Elektroden tatsächlich zu profitieren. Diese Lampen werden mittels dielektrisch behinderter Entladung betrieben. Durch Vergrößern des Durchmessers derartiger Lampen erhöht sich nämlich auch die Schlagweite, die einkoppelbare Leistung und folglich der Lichtstrom. Für weitere Details zum Begriff der "dielektrisch behinderten Entladung" und insbesondere der als besonders effizient erkannten gepulst betriebenen dielektrisch behinderten Entladung wird auf die WO 94/22975 verwiesen. Außerdem wird auf die deutsche Patentanmeldung 197 18 395.6-33 der selben Anmelderin Bezug genommen, in der die Möglichkeit der Steigerung der Leuchtdichte der Lampenapertur bei Verwendung von mehr als zwei Elektroden offenbart ist.

Erfindungsgemäß weist die flache Beleuchtungsvorrichtung ein optisches System auf, welches die Lichtverteilung

des in die Lichtleiterplatte einzukoppelnden oder eingekoppelten Lichts gezielt beeinflußt derart, daß sie mindestens ein Maximum im Winkelabstand  $\beta$ , gemessen zur optischen Achse, aufweist und folgende Beziehung erfüllt:

$$|\beta| \geq \arctan\left(\frac{d}{L}\right), \quad (1)$$

wobei L die Längsausdehnung (d. h. die Ausdehnung in Richtung der optischen Achse) der Lichtleiterplatte und d deren Dicke ist.

Die schematische Schnittdarstellung in der Fig. 1 verdeutlicht dieses Konzept anhand einer Lichtverteilungskurve 1 mit zwei Maxima 2, 3, die mit der optischen Achse A die Winkel  $\beta_1$  bzw.  $\beta_2$  bilden. Ausgehend von einem Ursprung 0 auf der optischen Achse kann man sich fiktive Pfeile vorstellen, die jeweils auf der Lichtverteilungskurve 1 enden. Die Länge eines Pfeiles ist dann ein Maß für die Lichtintensität in der Richtung des jeweiligen Pfeils. Die beiden längsten Pfeile 2', 3' entsprechen den genannten beiden Maxima 2, 3 und schließen folglich die Winkel  $\beta_1$  bzw.  $\beta_2$  mit der optischen Achse ein. Die Beträge der beiden Winkel  $\beta_1$  bzw.  $\beta_2$  können gleich oder auch verschieden sein. Das Licht wird mit dieser Verteilung in die Lichteintrittsfläche 4 der Lichtleiterplatte 5 eingekoppelt.

Im Unterschied dazu weist der Stand der Technik eine Lichtverteilungskurve 6 mit nur einem Maximum 7 auf, das kollinear ( $\beta = 0$ ) bezüglich der optischen Achse A orientiert ist. Folglich geht ein Großteil der Strahlung unmittelbar, d. h. ohne Totalreflexion, durch die Lichtleiterplatte 5 hindurch.

Erfindungsgemäß kann das optische System auch integraler Bestandteil der Lichtleiterplatte sein. Beispielsweise kann die Lichteintrittsfläche der Lichtleiterplatte mit einem V-förmigen, parabelförmigen o. ä. Ausschnitt versehen sein, so daß jeweils ein Großteil der einfallenden Lichtstrahlen beim Eintritt in die Platte in Richtung zu deren Front- bzw. Grundseite hin gebrochen wird. Für weitere Details hierzu wird auf die Ausführungsbeispiele verwiesen.

Außerdem kann das optische System auch Bestandteil der Lampe sein, beispielsweise in dem die Apertur zweigeteilt ist derart, daß ein die sichtbare Strahlung reflektierender Steg, welcher die beiden Teilaperturen voneinander trennt, parallel und mittig zur Lichteintrittsfläche der Lichtleiterplatte orientiert ist. Dadurch werden auf einfache Weise zwei Leuchtdichtemaxima erzeugt, die bei geeigneter Dimensionierung die geforderten Winkel zur optischen Achse bilden. Vorteilhafterweise ist bei dieser Variante das rohrförmige Entladungsgefäß im Querschnitt als Tropfen geformt, beispielsweise mittels Tiefziehen. Die beiden Teilaperturen sind dann im Bereich der engen Krümmung des Rohrprofils angeordnet die Elektroden hingegen im Bereich der weiten Krümmung. Dadurch läßt sich einerseits für die Intensitätsmaxima der beiden Teilaperturen jeweils ein der Beziehung (1) entsprechend großer Winkel  $\beta$  realisieren, wie dies bei Rohren mit kreisförmigem Querschnitt ansonsten nur bei relativ kleinen Durchmessern möglich wäre. Andererseits läßt sich dennoch, wie gewünscht, eine große Schlagweite erzielen, entsprechend einem relativ großen Durchmesser im Falle eines Rohres mit kreisförmigem Querschnitt. Für weitere Details hierzu wird ebenfalls auf die Ausführungsbeispiele verwiesen.

Für die vorteilhafte Wirkung der Erfindung ist es unerheblich, ob das optische System als transmissives Element auf der der Lampe zugewandten Seite der Lichtleiterplatte oder als reflektives Element auf der der Lampe abgewandten Seite der Lichtleiterplatte angeordnet ist. Näheres dazu ist ebenfalls in den Ausführungsbeispielen ausgeführt.

Außerdem sind für das optische System Zylinderlinsen und/oder richtungsverändernde Folien (z. B. Directional Turning Films von der Firma POC Physical Optics Corporation oder Image Directing Films von der Firma 3M), Fresnel- oder Prismenfolien sowie holographische Diffusoren, die Verteilungen mit zwei oder mehr keulenartigen Maxima erzeugen (Tedesco et al.: Holographic Diffusers for LCD Backlights and Projection Screens; SID 93 DIGEST, S. 29-32) geeignet.

Schließlich läßt sich das System auf der Grundlage des eingangs erläuterten Prinzips mit sogenannten Ray-Tracing-Verfahren optimieren. Ziel der Optimierung ist es, die HINTERLEUCHTUNGSEIGENSCHAFTEN der Beleuchtungsvorrichtung, d. h. letztendlich, die Höhe und Gleichmäßigkeit der Leuchtdichte auf der Frontseite der Lichtleiterplatte zu maximieren.

Optional ist ein optischer Reflektor vorgesehen, der den Raum zwischen der Apertur der Lampe und der Lichteintrittsfläche der Lichtleiterplatte umhüllt.

In einer vorteilhaften Ausführung der flachen Beleuchtungsvorrichtung ist eine Entladungslampe mit Apertur vorgesehen, die für den Betrieb mittels dielektrisch behinderter Entladung geeignet ist.

Im Sinne einer größtmöglichen Steigerung der Leuchtdichte der Frontseite der Lichtleiterplatte ist der Durchmesser der Lampe im Rahmen der baulichen Möglichkeiten (Einbautiefe) entsprechend groß gewählt, bevorzugt gleich groß oder größer als die Dicke der Lichtleiterplatte.

In einer bevorzugten Ausführung weist die rohrförmige Lampe zwei streifenförmige Elektroden auf, die auf der Innen- oder Außenwandung des Entladungsgefäßes der Lampe parallel zur Rohrlängsachse und zueinander diametral angeordnet sind. Auf diese Weise wird der große Lampendurchmesser gezielt für die entsprechende maximal mögliche Schlagweite der Entladung ausgenutzt. Mit zunehmender Schlagweite nimmt nämlich auch die Brennspannung für die dielektrisch behinderte Entladung und folglich die einkoppelbare elektrische Wirkleistung zu. Mit Hilfe der gepulsten Betriebsweise gemäß der WO 94/ 22975 führt dies schließlich wie gewünscht zu der oben erwähnten Erhöhung des Lichtstroms der Lampe.

Da die Lichtausbeute, wie bereits erwähnt, mit kleiner werdendem Verhältnis  $b/D$  zwischen Aperturbreite  $b$  und Lampendurchmesser  $D$  deutlich sinkt, wird auch gleichzeitig die Breite  $d$  der Apertur möglichst groß gewählt. Bevorzugt entspricht die Breite der Apertur ungefähr der Dicke der Lichtleiterplatte.

Weitere bevorzugte Bereiche für das Verhältnis von Aperturbreite  $b$  zur Dicke  $d$  der Lichtleiterplatte sind  $b/d > 0,6$ , 0,8 und 1.

#### Beschreibung der Zeichnungen

Im folgenden soll die Erfindung anhand mehrerer Ausführungsbeispiele näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Schnittdarstellung zur Erläuterung des Prinzips der Erfindung anhand einer Lichtverteilung mit zwei Maxima,

Fig. 2 eine schematische Schnittdarstellung zur Erläuterung des Standes der Technik,

Fig. 3 eine schematische Schnittdarstellung einer erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung mit V-Profil-Lichteintrittsfläche als transmissives optisches System,

Fig. 4 eine schematische Schnittdarstellung der Lichtleiterplatte mit V-Profil-Lichteintrittsfläche im Detail,

Fig. 5 eine schematische Schnittdarstellung einer erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung mit zweiteiliger Apertur als transmissives optisches System,

Fig. 6 eine schematische Schnittdarstellung einer erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung mit einem reflektiven optischen System.

Fig. 3 zeigt in schematischer Schnittdarstellung eine flache Beleuchtungsvorrichtung 8 für die Hinterleuchtung von Flüssigkristallanzeigen (nicht dargestellt), bestehend aus einer Apertur-Leuchtstofflampe 9, einem transmissiven optischen System 10 und einer Lichtleiterplatte 11.

Die Leuchtstofflampe 9 besteht aus einem rohrförmigen Entladungsgefäß 12, zwei Elektroden 13, 14 und einem funktionellen Schichtensystem. Das Schichtensystem besteht aus einer Reflexionsschicht 15 aus  $\text{TiO}_2$  und einer Leuchtstoffschicht 16 aus einem Dreibandleuchtstoff. Der Dreibandleuchtstoff besteht aus einer Mischung der Blaukomponente  $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}$ , der Grünkomponente  $\text{LaPO}_4:\text{Ce,Tb}$  und der Rotkomponente  $(\text{Y,Gd})\text{BO}_3:\text{Eu}$ . Die resultierenden Farbkoordinaten betragen  $x = 0,395$  und  $y = 0,383$ , d. h. es wird weißes Licht erzeugt. Die Reflexionsschicht 15 ist unmittelbar auf der Innenwandung des Entladungsgefäßes 12 aufgebracht, wobei eine Apertur 17 der Breite  $b = 8$  mm ausgespart ist. Die Leuchtstoffschicht 16 ist auf der Reflexionsschicht 15 bzw. im Bereich der Apertur 17 direkt auf der Innenwandung des Entladungsgefäßes 12 aufgebracht. Der Außendurchmesser des aus Glas bestehenden Entladungsgefäßes 12 beträgt ca. 14 mm bei einer Wandstärke von ca. 0,5 mm. Die Länge des an seinen beiden Ende mit einer aus dem Gefäßmaterial geformten Kuppel (nicht dargestellt) gasdicht verschlossenen rohrförmigen Entladungsgefäßes 12 beträgt ca. 27 cm. Innerhalb des Entladungsgefäßes 12 befindet sich Xenon mit einem Fülldruck von ca. 170 hPa. Die beiden Elektroden 13, 14 sind als Metallstreifen ausgebildet, die auf der Innenwandung des Entladungsgefäßes 12 parallel zur Rohrlängsachse und zueinander diametral angeordnet sind. Auf diese Weise wird die bei einem rohrförmigen Entladungsgefäß maximal mögliche Schlagweite  $w$  für die Entladung ausgenutzt und folglich, wie eingangs erläutert, ein entsprechend hoher Lichtstrom der Lampe erzielt. Beide Elektroden 13, 14 sind mit einer dielektrischen Schicht 100 aus Glaslot bedeckt.

Die Lichtleiterplatte 11 besteht aus einem flachen Plexiglasquader der Dicke  $d = 10$  mm, der Breite  $B = 27$  cm in Richtung der Lampenlängsachse sowie der Länge  $L = 20$  cm senkrecht zur Lampenlängsachse. Eine erste 18 der vier Schmalseiten der Lichtleiterplatte 11 ist parallel zu der Längsachse der Leuchtstofflampe 9 und gegenüber ihrer Apertur 17 angeordnet. Die erste Schmalseite 18 wird im folgenden der Einfachheit halber als "Eintrittskante" bezeichnet. Außerdem sind die Leuchtstofflampe 9 und die Lichtleiterplatte 11 in der Schnittdarstellung betrachtet mit zueinander ausgerichtet, d. h. zu beiden Seiten einer gedachten Mittellinie oder optischen Achse A ist die Breite  $b$  der Apertur 17 nur jeweils ca. 1 mm kleiner als die Dicke  $d$  der Lichtleiterplatte 4 ( $d/2 - b/2 = 1$  mm). Die Breite  $b$  der Apertur ist also ungefähr gleich groß wie die Dicke  $d$  der Lichtleiterplatte.

Im Bereich der Eintrittskante 18 der Lichtleiterplatte 11 ist das optische System 10 integriert. Es besteht aus einer im Querschnitt V-förmigen Kerbe, die sich über die gesamte Länge der Eintrittskante 18 erstreckt. Für die Details des optischen System 10 und dessen Funktionsweise wird auf die Fig. 4 und die zugehörige Beschreibung verwiesen.

In einer nicht dargestellten Variante ist eine Zylinderlinse unmittelbar vor der Eintrittskante angeordnet, um die Einkoppelverluste möglichst gering zu halten.

In der Fig. 4 ist die Lichtleiterplatte 11 aus der Fig. 3 mit dem integrierten optischen System 10 und mit einigen für die Erläuterung der erfindungsgemäßen Dimensionierung wichtigen Parametern nochmals im Detail in einer Seitenan-

sicht dargestellt. Exemplarisch ist ein parallel zur optischen Achse A einfallender Lichtstrahl 19 eingezeichnet, der unter einem Winkel  $\alpha$  zum Lot auf die untere Schräge 20 der V-förmigen Kerbe 10 der Lichtleiterplatte 11 trifft. Der Strahl 19 wird beim Eintritt in die Lichtleiterplatte 11 zum Lot hin gebrochen. In der Platte bildet der Strahl 19' den Winkel  $\beta$  mit dem Lot, entsprechend einer Winkelabweichung  $\gamma$  zum Eintrittsstrahl 19, und trifft unter dem Winkel  $\tilde{\alpha} = 90^\circ - \gamma$  zum Lot auf die Grundfläche 21 der Lichtleiterplatte 11. Das Erfordernis der Totalreflexion ist für alle Strahlen erfüllt, für die  $\tilde{\alpha} > \alpha_G$  gilt, wobei  $\alpha_G$  der materialabhängige Grenzwinkel der Totalreflexion ist. Für eine Plexiglasplatte der Dicke  $d = 10$  mm beispielsweise ist eine Tiefe  $s = 2$  mm der Kerbe ausreichend.

Fig. 5 zeigt in schematischer Schnittdarstellung ein weiteres Beispiel einer flachen Beleuchtungsvorrichtung 21 mit einem transmissiven optischen System. Gleiche Merkmale wie in der Fig. 3 sind mit den gleichen Bezugsziffern versehen. Das optische System ist hier in die Aperturlampe 22 integriert und besteht aus einer zweiteiligen Apertur mit den beiden Teilaperturen 23, 24, die zu beiden Seiten der optischen Achse A angeordnet und durch einen Reflexionsschichtstreifen 25 voneinander getrennt sind. Die beiden Aperturen 23, 24 erzeugen eine Lichtverteilung mit zwei Maxima jeweils im gewünschten Winkelabstand  $\beta_1$  und  $\beta_2$  zur optischen Achse A, gemäß der im allgemeinen Beschreibungsteil erwähnten Winkelbeziehung. Als unterstützende Maßnahme zur Aufspaltung der Lichtverteilung in zwei Maxima weist das rohrförmige Entladungsgefäß einen tropfenähnlichen Querschnitt auf. Der die beiden Teilaperturen 23, 24 trennende Reflexionsschichtstreifen 25 ist an der Stelle mit der engsten Wandkrümmung angeordnet. Der jeweilige Winkelabstand der Maxima ist dadurch größer als bei einem Rohr mit vergleichbarer Querschnittsfläche aber kreisförmigem Querschnitt. Die beiden Elektrodenstreifen 13, 14 sind auf der Außenwandung derart angeordnet, daß sie sich mit maximaler Schlagweite gegenüber stehen. Das von den beiden Teilaperturen 23, 24 kommende Licht wird direkt über die Eintrittskante 26 der Lichtleiterplatte 27 in diese eingekoppelt.

Fig. 6 zeigt schließlich in schematischer Schnittdarstellung ein Beispiel einer flachen Beleuchtungsvorrichtung 28 mit einem reflektiven optischen System. Gleiche Merkmale wie in der Fig. 3 sind wieder mit den gleichen Bezugsziffern versehen. Im Bereich der lampenentfernten Schmalseite der Lichtleiterplatte 11 ist das optische System 29 integriert. Es besteht aus einer Schräge 30, die sich über die gesamte Länge der Schmalseite erstreckt. Die Oberfläche der Schräge 30 ist mit einer für das Lampenlicht reflektierenden Schicht 31 versehen. Geeignet sind Schrägen, deren Kippwinkel  $\varepsilon$  zum Lot auf die Grundseite der Lichtleiterplatte 11 folgender Beziehung genügen:

$$\varepsilon < 45^\circ - \frac{\alpha_G}{2}, \quad (2)$$

wobei  $\alpha_G$  der materialabhängige Winkel der Totalreflexion bezeichnet.

Die Erfindung ist nicht auf die vorgenannten Beispiele beschränkt. Insbesondere können einzelne Merkmale der verschiedenen Beispiele auch in Kombination erfindungswesentlich sein. Ferner ist es auch erfindungsgemäß, weitere optische Elemente, beispielsweise Zylinderlinsen zur Reduzierung der Einkoppelverluste in die Lichtleiterplatte, mit den in den Beispielen genannten Maßnahmen zu kombinieren.

Obgleich die Erfindung der Einfachheit halber anhand einer stabförmigen Aperturlampe erläutert wurde, können die

für die erfindungsgemäße Beleuchtungsvorrichtung geeigneten Lampen auch abgewinkelt sein, beispielsweise L- oder U-förmig, wobei dann das Licht der Lampe über zwei bzw. drei Kanten in die Lichtleiterplatte eingekoppelt wird. Dabei nimmt die erzielbare Leuchtdichte auf der Frontseite der Lichtleiterplatte sogar noch zu. Außerdem kann die Beleuchtungsvorrichtung auch mehr als eine derartige Lampe aufweisen, beispielsweise zwei, drei oder vier, wobei jede dieser Lampen mittels eines zugehörigen optischen Systems in eine der Lichteintrittsflächen der Lichtleiterplatte Licht einkoppelt.

## Patentansprüche

1. Flache Beleuchtungsvorrichtung (8) mit
  - einer Entladungslampe (9) mit
    - einem rohrförmigen Entladungsgefäß (12), welches in seinem Innern eine ionisierbare Füllung enthält,
    - einer Leuchtstoffschicht (16), welche eine Wandung des Entladungsgefäßes zumindest teilweise bedeckt,
    - einer Anzahl Elektroden (13, 14),
    - einer Apertur (17), durch welche während des Betriebs der Lampe (9) Licht hindurch tritt,
  - einem optischen System (10; 29), welches geeignet ist, das von der Leuchtstoffschicht (16) emittierte Licht räumlich umzuverteilen,
  - einer Lichtleiterplatte (11) mit
    - einer der Lampe (9) zugewandten ersten Schmalseite (18) sowie einer der Lampe abgewandten zweiten Schmalseite und
    - einer Frontseite,

wobei ein Lot auf das rohrförmige Entladungsgefäß (9), welches Lot parallel zur Frontseite und mittig durch die Lichtleiterplatte (11) hindurch verläuft, eine optische Achse (A) definiert und wobei das Licht der Lampe (9) durch die erste Schmalseite (18) hindurch in die Lichtleiterplatte (11) hinein und durch die Frontseite hindurch aus der Lichtleiterplatte (11) hinaus tritt, **dadurch gekennzeichnet**, daß das optische System (10; 29) die räumliche Lichtverteilung des in die Lichtleiterplatte (11) einzukoppelnden oder eingekoppelten Lichts gezielt beeinflußt derart, daß, in der Querschnittsebene der Lampe betrachtet, die Lichtverteilung mindestens ein Maximum im Winkelabstand  $\beta$ , gemessen zur optischen Achse (A), aufweist, wobei der Winkelabstand  $\beta$  folgende Beziehung erfüllt:

$$|\beta| \geq \arctan\left(\frac{d}{L}\right), \quad (1)$$

wobei L die Längsausdehnung der Lichtleiterplatte (11) - d. h. deren Ausdehnung in Richtung der optischen Achse (A) - und d deren Dicke ist.

2. Beleuchtungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Anzahl der Maxima zwei ist und zwar jeweils ein Maximum zu beiden Seiten der optischen Achse (A) im Winkelabstand  $\beta_1$  und  $\beta_2$ , wobei für beide Winkel die Beziehung (1) erfüllt ist.
3. Beleuchtungsvorrichtung nach Anspruch 2, wobei  $|\beta_1| = |\beta_2|$ .
4. Beleuchtungsvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das optische System entweder im Bereich der ersten Schmalseite (18) als transmissives Element (10) oder im Bereich der zweiten Schmalseite als reflektives Element (29) in die Licht-

leiterplatte (11) integriert ist.

5. Beleuchtungsvorrichtung nach Anspruch 4, wobei das optische System (29) zur Erzeugung einer Lichtverteilung mit einem einzigen Maximum im wesentlichen dadurch realisiert ist, daß eine Schmalseite der Lichtleiterplatte (11) eine Schräge (30) mit dem Kippwinkel  $\epsilon$  zum Lot auf die der Frontseite gegenüberliegende Grundseite der Lichtleiterplatte 11 aufweist.
6. Beleuchtungsvorrichtung nach Anspruch 5, wobei für den Kippwinkel  $\epsilon$  die Beziehung

$$\epsilon < 45^\circ - \frac{\alpha_G}{2}$$

gilt, wobei  $\alpha_G$  den materialabhängigen Winkel der Totalreflexion bezeichnet.

7. Beleuchtungsvorrichtung nach Anspruch 4, wobei das optische System zur Erzeugung einer Lichtverteilung mit zwei Maxima im wesentlichen dadurch realisiert ist, daß eine Schmalseite einen V-förmigen oder parabelförmigen Ausschnitt aufweist.
8. Beleuchtungsvorrichtung nach Anspruch 5, 6 oder 7, wobei die zweite Schmalseite mit einer Reflexionsschicht (31) versehen ist.
9. Beleuchtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das optische System dadurch gebildet ist, daß die Apertur zweigeteilt ist derart, daß die beiden länglichen Teilaperturen (23, 24) parallel zueinander angeordnet und durch einen schmalen zur ersten Schmalseite (26) der Lichtleiterplatte (21) parallelen Steg (25) voneinander getrennt sind.
10. Beleuchtungsvorrichtung nach Anspruch 9, wobei das rohrförmige Entladungsgefäß einen tropfenähnlichen Querschnitt aufweist und wobei der die beiden Teilaperturen (23, 24) trennende Steg (25) an der Stelle mit der engsten Wandkrümmung angeordnet ist und die beiden Elektrodenstreifen (13, 14) auf der Außenwandung des Entladungsgefäßes derart angeordnet sind, daß sie sich mit maximaler Schlagweite gegenüber stehen.
11. Beleuchtungsvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Breite (b) der Apertur (17) ungefähr der Dicke (d) der Lichtleiterplatte (11) entspricht.
12. Beleuchtungsvorrichtung nach Anspruch 11, wobei das Verhältnis b/d von Aperturbreite b zur Dicke d der Lichtleiterplatte größer oder gleich 0,6, bevorzugt größer oder gleich 0,8, besonders bevorzugt größer oder gleich 1 ist.
13. Beleuchtungsvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das optische System eines oder mehrere der folgenden Elemente enthält: Zylinderlinse, Fresnefolie, Prismenfolie.
14. Beleuchtungsvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Beleuchtungsvorrichtung zusätzlich einen optischen Reflektor aufweist, der zumindest den Raum zwischen Apertur und Schmalseite der Lichtleiterplatte umgibt.
15. Beleuchtungsvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Entladungslampe (9; 22) für den Betrieb mittels dielektrisch behinderter Entladung geeignet ist und zu diesem Zwecke die Elektroden (13, 14) auf der Wandung des Entladungsgefäßes (12) angeordnet sind, wobei zumindest ein Teil der Elektroden vom Innern des Entladungsgefäßes (12) durch ein Dielektrikum (100) getrennt ist.
16. Beleuchtungsvorrichtung nach Anspruch 15, wobei die Anzahl der Elektroden (13, 14) zwei ist, wobei

die Elektroden (13, 14) streifenförmig sind und parallel zur Rohrlängsachse sowie zueinander diametral – d. h. im maximalen gegenseitigen Abstand – angeordnet sind.

17. Beleuchtungsanordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der größte Durchmesser (w) des rohrförmigen Entladungsgefäßes (12) gleich groß wie oder größer als die Dicke (d) der Lichtleiterplatte (11) ist.

18. Beleuchtungsanordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Füllung aus einem Edelgas, insbesondere Xenon oder einem Gemisch mehrerer Edelgase besteht.

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

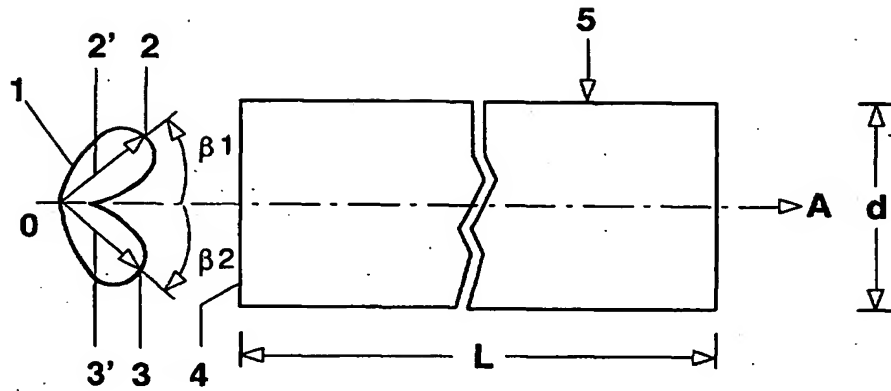


FIG. 1

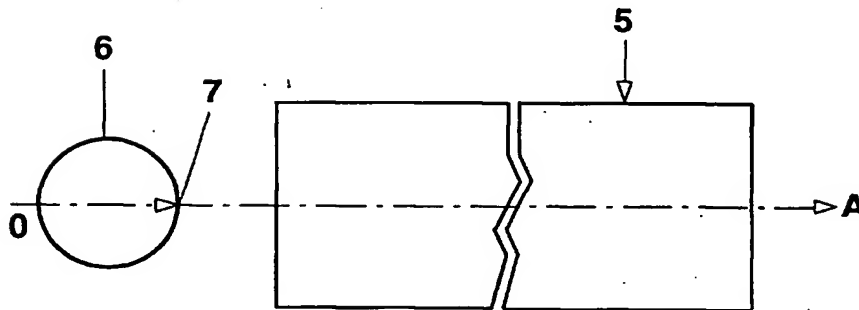


FIG. 2

Stand der Technik



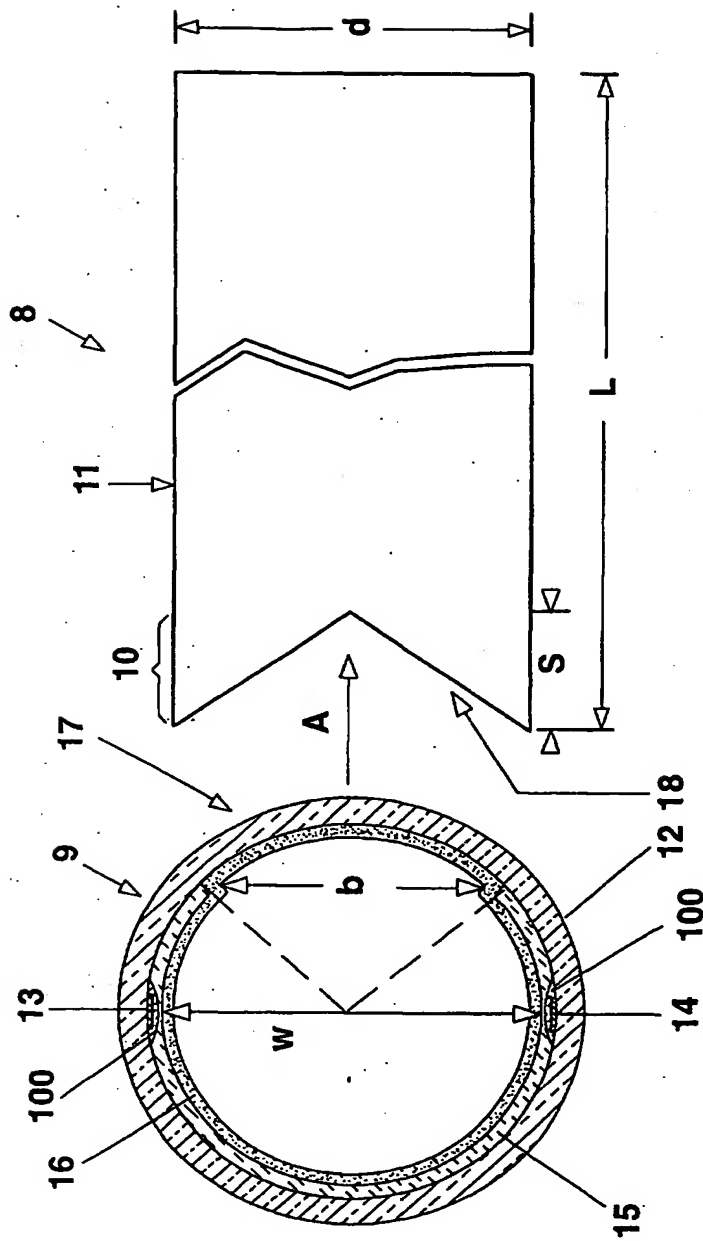


FIG. 3

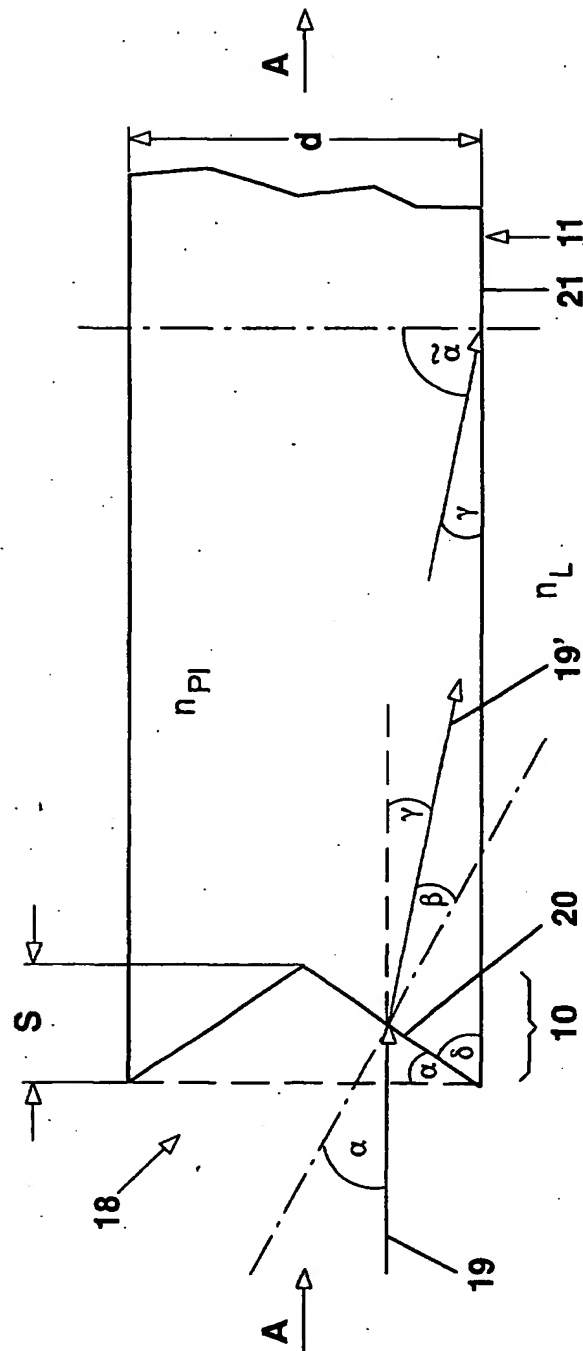
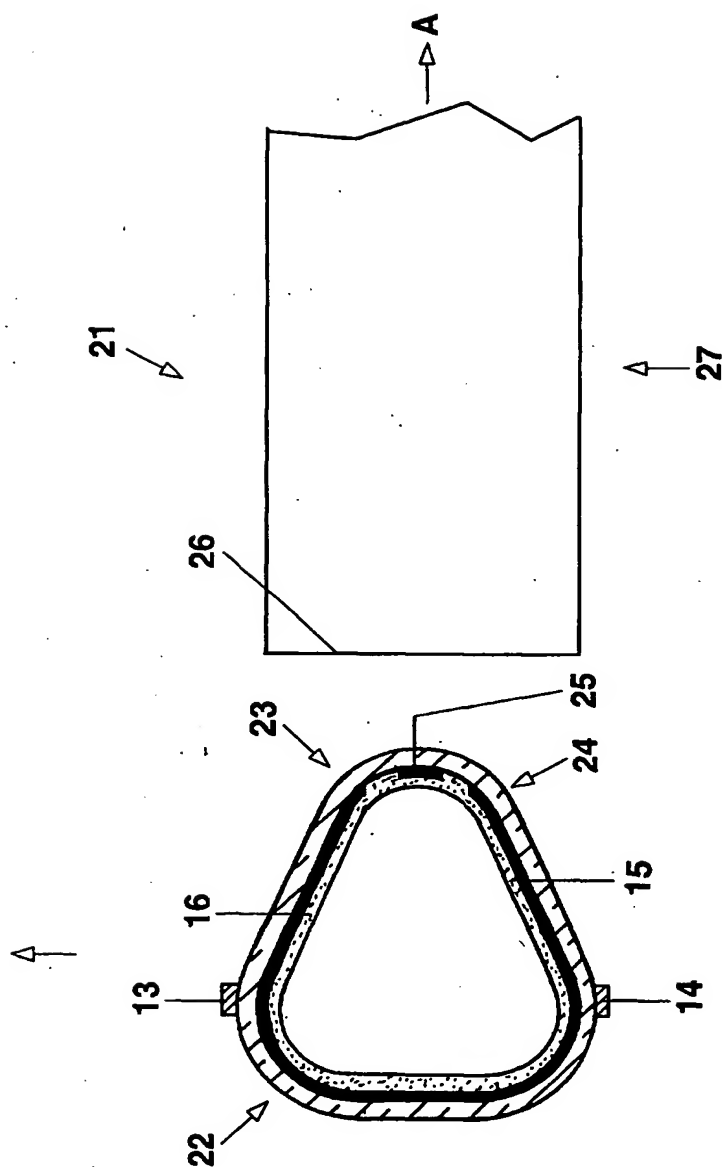


FIG. 4



**FIG. 5**

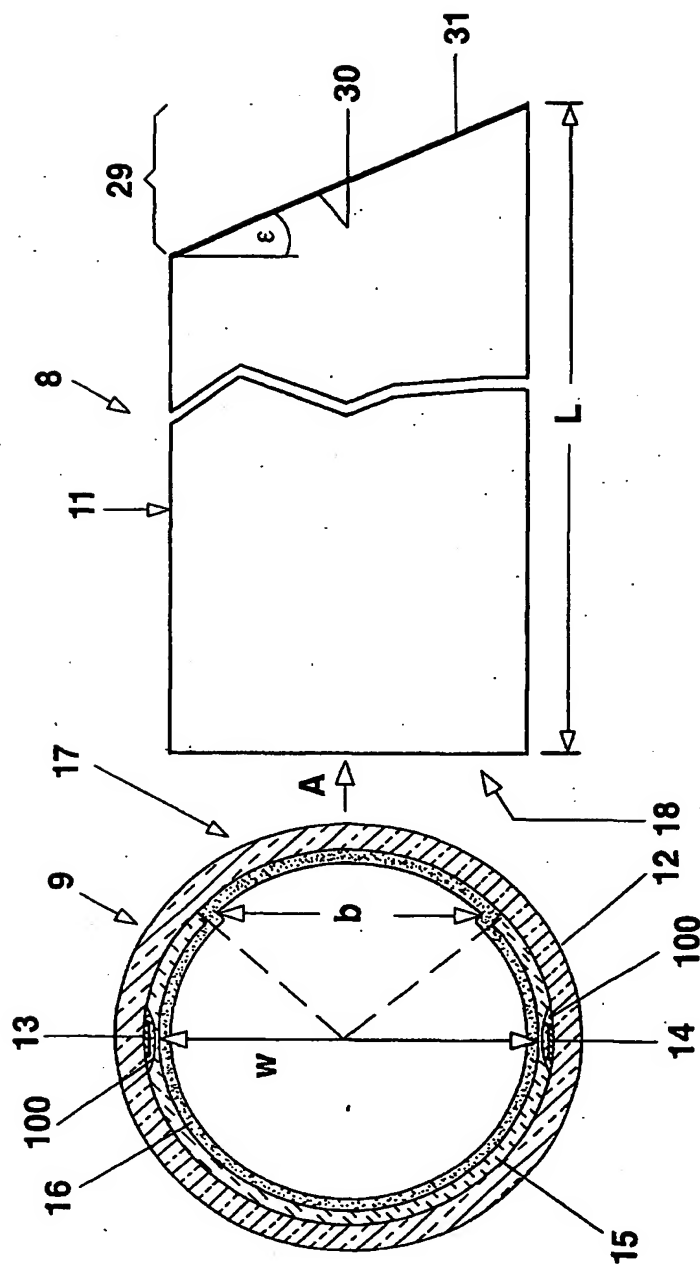


FIG. 6